



Die somatische Dysfunktion der Halswirbelsäule und ihr komplexes klinisches Bild

Grundlagen der manualmedizinischen Diagnostik von Zervikobrachialgie und zervikozepalem Syndrom

Florian Max-Josef Wagner
Starnberg, Deutschland

Zusammenfassung

Die segmentale und somatische Dysfunktion der Halswirbelsäule kann aufgrund komplexer funktionell-anatomischer und neurophysiologischer Verschaltungen dem Untersucher einen variantenreichen, aber teils schwer nachvollziehbaren Symptomkomplex bieten. Auf Grundlage von zervikotrigeminalen und intersegmentalen Konvergenzen im Bereich des Rückenmarks der Halswirbelsäule und des Hirnstammes lassen sich diese Symptome, die als zervikozepales Syndrom und Zervikobrachialgie zusammengefasst werden, nachvollziehen. Eine fundierte manualmedizinische Untersuchung kann, nach Ausschluss bedrohlicher Differenzialdiagnosen, das Vorliegen einer Blockierung der Halswirbelsäule als mögliche Ursache oder als Teilaspekt der Beschwerden demaskieren. Eine manualmedizinische Behandlung mit dem Setzen gezielter antinozizeptiver propriozeptiver Reize ist dann eine sinnvolle therapeutische Option.

Schlüsselwörter

Zervikotrigeminale Konvergenz · WDR · Propriozeptiver Reiz · Manuelle Medizin · Blockierung

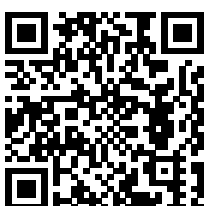
Kein anderer Wirbelsäulenabschnitt kann im Falle einer segmentalen und somatischen Dysfunktion (Blockierung) aufgrund seiner komplexen neurophysiologischen, neuroanatomischen und biomechanischen Verschaltungen ein so vielfältiges, teils dramatisch imponierendes klinisches Spektrum an Symptomen bieten, wie die HWS. Wegen der Komplexität, aus Sorge vor unzureichender diagnostischer Abklärung, dem Übersehen einer bedrohlichen Differenzialdiagnose oder Angst vor Schädigung bei inadäquater Behandlungstechnik wird die Halswirbelsäule häufig gar nicht oder nur unzureichend manualmedizinisch behandelt.

Einleitung

Die segmentale und somatische Dysfunktion der Halswirbelsäule und ihr klinisches

Spektrum, von der Zervikobrachialgie bis zum zervikozepalen Syndrom, ist unverändert für viele manualmedizinisch tätige Ärzte eine Herausforderung. Unverändert ist auch die Skepsis vieler Fachgesellschaften bezüglich der Indikation einer manualmedizinischen Therapie. Infrage gestellt wird aber auch das vor allem auf neurophysiologischen Grundlagen basierende Erklärungsmodell, warum manuelle Medizin auch und besonders in diesem Bereich eine herausragende therapeutische Option sein kann [1]. Dabei zeigt sich hier, mit den Erkenntnissen translationaler Forschung untermauert [2], ein schlüssiges manualmedizinisch diagnostisches wie therapeutisches Konzept, das bei genauer Betrachtung wenig Raum für Zweifel lässt [3].

Die Kombination verschiedenster Symptome, die auf den ersten Blick verschiedenen Fachgebieten wie Neurologie, der



QR-Code scannen & Beitrag online lesen

HNO- oder Augenheilkunde zugeordnet werden, kann Ausdruck ein und derselben grundlegenden Problematik sein: der gestörten Verarbeitung nozizeptiver segmentaler Afferenzen aus der Halswirbelsäule und deren Einfluss auf die an der zervikotrigeminalen oder intersegmentalen Konvergenzreaktion beteiligten Strukturen. Nach bedarfsweisem interdisziplinärem Ausschluss bedrohlicher Differenzialdiagnosen sollte die manualmedizinische Diagnostik mit ihrem klaren 3-Schritte-Algorithmus, der segmentalen Mobilitätsprüfung (M), der Irritationspunktsuche (I) und der Provokation des Irritationspunktes (P), ein integraler Bestandteil des weiteren Untersuchungsganges sein.

Ein sicher und effektiv umsetzbarer, klarer diagnostischer und therapeutischer Algorithmus ist im klinischen Alltag hilfreich und kann dem nur scheinbaren „Symptommonster“ der HWS-Blockierung die Bedrohlichkeit nehmen. Dafür ist es sinnvoll, die HWS vor allem nach neurophysiologischen Aspekten in 2 Bereiche zu unterteilen:

- die obere HWS (C0/C1–C2/C3) mit dem Symptomkomplex des zervikozephalen Syndroms auf Basis der zervikotrigeminalen Konvergenz,
- die untere HWS mit zervikothorakalem Übergang (C3/C4 bis ca. C7/Th1) und dem pseudoradikulären Schmerzbild der Zervikobrachialgie („Nacken-Schulter-Arm-Syndrom“).

Abkürzungen

akt	Aktiv
ANS	Autonomes Nervensystem
ATM	Autochthone Muskulatur
CCN	Nucleus cervicalis centralis
E	Extension
F	Flexion
HN	Hirnnerven
HWK	Halswirbelkörper
HWS	Halswirbelsäule
Ink	Inklination
Ins	Insertionspunkte
IP	Irritationspunkt
LWS	Lendenwirbelsäule
MIP	Mobility, Irritation, Provocation
pas.	Passiv
R	Rotation
Rek	Reklination
ROM	„Range of motion“
SN	Seitneigung
WDR	„Wide dynamic range“

Die Möglichkeit, manualmedizinisch in das funktionelle Blockierungsgeschehen der HWS durch Setzen gezielter propriozeptiver Reize einzugreifen und damit auch komplexe Beschwerdebilder zu behandeln, erklärt sich aus Kenntnis der im Folgenden erklärten neuroreflektorischen Prozesse, der Muskelphysiologie wie auch der grundlegenden Anatomie und Biomechanik. Therapeutisch werden neben den atraumatischen manipulativen Techniken vermehrt auch segmentale mobilisierende Techniken, neuromuskuläre Techniken, Positionierungs- und Druckpunkttechniken sowie deren sequenzielle Kombination eingesetzt.

» Durch Setzen gezielter propriozeptiver Reize wird in das Blockierungsgeschehen an der HWS eingegriffen

Ein sicherer Umgang in diesem Beschwerdegebiet findet reichlich Anwendungsmöglichkeiten bei zunehmenden, vor allem haltungsbedingten, funktionellen Störungen der HWS auch bei jüngeren Patienten durch z.B. sitzende Bildschirmarbeit („Späherhaltung im Homeoffice“) sowie Freizeitgestaltung in vergleichbarer Haltung und Umgebung. Patienten mit zumeist etwas „undankbaren“ Symptomen wie Gleichgewichtsstörung, Ohrgeräusch, Kopfschmerz oder Schulter-Arm-Syndrom in Verbindung mit einem Blockierungsgeschehen der HWS kann nach entsprechender multidisziplinärer Abklärung mithilfe eines manualmedizinischen Ansatzes eine sinnvolle therapeutische Option angeboten werden.

Fallbeispiel: Zervikozephalales Syndrom

Anamnese

Eine 38-jährige Patientin, selbstständig als Kosmetikerin und medizinische Fußpflegerin, berichtet über seit vielen Monaten wiederkehrende Nacken- und Spannungskopfschmerzen, die sie auf die Zwangshaltung v.a. bei der Fußpflege zurückführt. Die Beschwerden verstärkten sich regelmäßig entsprechend der täglichen Arbeitsdauer und subjektiv empfundener Stressbelastung (finanzielle

Einbußen während Corona-Lockdown). Nach Hausarbeit am Wochenende mit Überkopparbeit und schwerem Heben, kam es zu einer massiven Verschlechterung der bekannten Schmerzsymptome, zusätzlich stechenden Ohrschmerzen mit summendem Ohrgeräusch links, retrobulbärem Stechen beidseits, reduzierter Kieferöffnung und Übelkeit. Nichtsteroidale Antirheumatika (Ibuprofen 600 mg 1-1-1) brachten keine Linderung. In den folgenden Tagen traten Gleichgewichtsstörungen und Konzentrationsstörungen mit Angstattacken auf. Nach einmaligem Kollaps erfolgte die Einweisung ins Krankenhaus zur stationären Abklärung. Die Gesamtschau der multidisziplinären Abklärung (labormedizinisch, kardiovaskulär, neurologisch, HNO-ärztlich, radiologisch [Röntgen HWS, MRT, s. unten]) brachte keine richtungweisende Diagnose, sodass die Patientin bei leicht rückläufiger Intensität des Gesamtbefundes entlassen wurde.

Diagnostik

Klinischer Untersuchungsbefund. Hirnnervenstatus, Motorik und Reflexstatus im Versorgungsgebiet der HWS unauffällig. Unterberger-Tretversuch unsicher ohne eindeutiges Seitabweichen. Deutlicher muskulärer Hartspann der rechten paravertebralen Halsmuskulatur. Bei gehaltener HWS-Flexion schmerzhafte Rotationseinschränkung nach links (ROM bei HWS-Flexion: Rot. R/L: 40°/0/20°), hierbei auch verstärktes retrobulbäres Stechen. Seitneigung links reduziert (SB R/L: 30°/0/20°). Reklination endgradig schmerzhafte. Linksrotationsempfindlicher Irritationspunkt am HWK 2 rechts (C2+ Ii).

Röntgen der HWS. Steilstellung der HWS, unauffälliger altersentsprechender Befund.

MRT der HWS. Streckfehlstellung der HWS, keine pathologischen Veränderungen an der gesamten HWS.

Diagnose. Zervikozephalales Syndrom mit Gleichgewichtsstörung und Konzentrationsstörung (Dizziness), Kopfschmerzen (Dermatom C2) und psychovegetativer Dysregulation. Segmentale und soma-

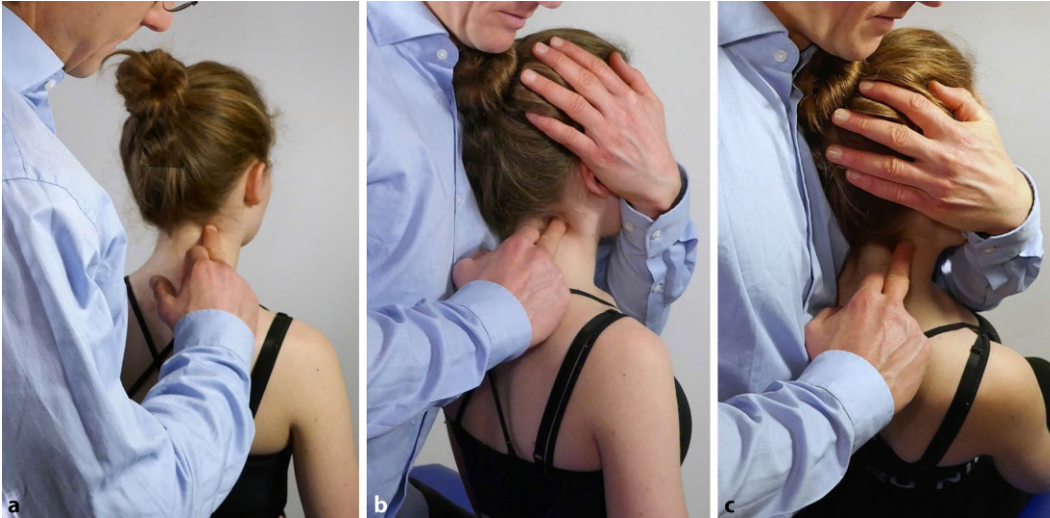


Abb. 1 ▲ Technik zur Behandlung einer segmentalen Dysfunktion auf Höhe von C2. Druckpunkttechnik am Irritationspunkt mit schmerzreduzierender Positionierung und reziproker Inhibierung. (Mit freundl. Genehmigung, © F. Wagner, alle Rechte vorbehalten.). **a** Die Therapeutenhand nimmt mit dem Palpationsfinger sicheren Kontakt zur meist druckschmerzhaften Myogelose im Bereich des Proc. articularis eines Halswirbelkörpers (HWK) (im weiteren Irritationspunkt [IP] genannt) auf und hält diesen Kontakt. **b** Der Kopf wird in die freie Richtung (im Bild rechts) soweit rotiert, bis sich der Tonus am IP bei gleichbleibendem Palpationsdruck deutlich verringert und/oder der Patient ein deutliches Nachlassen des Drucks (Schmerz) am IP spürt. Ebenso erfolgt die Einstellung in Seitneigung sowie Flexion/Extension. **c** Indem sich der Patient in den sicher angelegten Ellenbogenhang sanft fallen lässt, entsteht eine leichte aber wichtige Traktionskomponente. Der Patient ist angehalten mit geringer Kraft gegen den gehaltenen Widerstand den Kopf zu rotieren (im Bild nach rechts, reziproke Inhibierung)

tische Dysfunktion der oberen HWS. Schmerzexazerbation nach Zwangshaltung in Reklination (Überkopfarbeiten) bei chronischer statischer Fehlbelastung (Arbeit in Zwangshaltung) und psychosozialer Belastung („Geldsorgen“).

Therapie

Es erfolgte die zurückhaltende Mobilisation der HWS, kombiniert mit neuromuskulären Techniken. Anschließend Druckpunktbehandlung an HWK 2 rechts mit schmerzfreier Positionierung des HWK 2 durch Rechtsrotation, Rechtsseitneigung und moderater Traktion in Kombination mit reziproker neuromuskulärer Hemmung (■ **Abb. 1**). Daraufhin deutliche Reduktion des muskulären Hartspans. 2 Tage später Re-Check, dabei schon Besserung der Rotationseinschränkung der HWS. Erneuter vergleichbarer Therapiealgorithmus. Anleitung zur Eigenbeübung mit dem Ziel der muskulären Stabilisierung der HWS, sowie Optimierung der Haltung am Arbeitsplatz. 14 Tage später Kontrolle mit >80% Besserung des Beschwerdebildes. Seitengleiche ROM der HWS mit nur noch leicht endgradigem Schmerzempfinden bei Rotation.

Die obere Halswirbelsäule: zervikotrigeminale Konvergenz und zervikozephalales Syndrom

Anatomisch werden nur das Os okzipitale (C0), der Atlas (C1) und der Axis (C2) zur oberen HWS gezählt. Deren Hauptbewegungen sind, neben nur geringen endgradigen passiven Bewegungen, das Nicken (Inklination/Reklination von C0/C1) und die Rotation (C0/C1, v. a. C1/C2) (■ **Tab. 1**).

Von muskulärer Seite betrachtet spielen die vor allem von dem motorischen Segmentnerv C1 innervierten kurzen Nackenmuskeln eine herausragende Rolle. Die Mm. rectus capitis posterior major und minor sowie die Mm. obliquus capitis superior und inferior sind mit tandemartig angeordnete Muskelspindeln, in einer Dichte wie sonst nur in der Augenmuskulatur [4], durchbaut. Diese dienen vor allem auch der Propriozeption, nicht nur der Bewegungsausführung und vermitteln über den sensiblen Anteil des Segmentnerv C2 Information über die Stellung des Kopfes zum Körper [5]. Aus diesem Grund kann die obere HWS neben dem optischen und vestibulären System als integraler Bestandteil der an der Raumwahrnehmung beteiligten Sinnesorgane bezeichnet wer-

den. Von Hassenstein wurde dies in der Formel ($W = \text{Wahrnehmung der Raumlage}$) zusammengefasst [5]:

$$W_{(\text{Rumpf})} = W_{(\text{Kopf})} - W_{(\text{Winkel}_{\text{Kopf}}^{\text{Rumpf}})}$$

Neuroanatomisch betrachtet sollten aufgrund der sensiblen Versorgung der C3-Facetten durch den Segmentnerv C3 auch das Segment C2/C3 und das Übergangsegment C3/4 hinzugerechnet werden. Deren biomechanisches Plus ist die Seitneigung, als gekoppelte Bewegung von Flexion/Extension und Rotation (■ **Tab. 1**). Der Verlauf der A. vertebralis, mit ihrer nach dorsal gerichteten Atlasschleife, bevor sie durch die Membrana atlantooccipitalis und die Dura mater das Foramen magnum erreicht, erklärt potenzielle Zug- oder Kompressionsbelastungen auf das Gefäß bei bestimmten Kopfgeleitsstellungen. Symptome einer Vertebralisschädigung sind immer ein Notfall und müssen als solche leitlinienkonform abgeklärt werden ([9, 10]; ■ **Tab. 2**).

Interessant sind die Positionen der Neuroforamina der Hirnnerven im Bereich der Schädelbasis und ihre anatomische Nähe zum Atlantoookzipitalgelenk. Durch

Tab. 1 Synopsis zu Neuroanatomie und Biomechanik der Halswirbelsäule und ihrer einzelnen Segmente						
Segment	ROM (in °)	Segment-nerv	Wichtige periphere Nerven	Sensible/sensorische Besonderheiten, Dermatome	Motorisch R. dorsalis	Reflexkennmuskeln/ Besonderheiten
C0/C1	Ink/Rek: 24–30 R pass: < 5 SN: 5–10	C1	N. suboccipitalis, Ansa cervicalis, regional wichtig Neuroforamina der Hirnbasis v. HN IX–XII	Dura mater im Bereich des Foramen magnum (Afferenzen häufig via Anas-tomose zu C2 [N occ. major])	–	Kurze Nackenmuskeln: M. rectus capitis posterior maj. et min., M. obliquus capitis sup. et inf
C1/C2	R: 38–43/ Seite SN: ~6 F/E: 22	C2	N. occipitalis major (mit C3), Ansa cervicalis	Okzipitalregion, dorsale Schädelgrube	ATM (IP/Ins)	–
C2/C3	F/E: 8–12 SN: 10/ Seite R: 9/S	C3	N. occipitalis minor, Ansa cervicalis, N. occ. tertius, N. phrenicus	Nackenregion, Facetten C2–C4, C3/C4 (Übergangsegment zwischen oHWS/uHWS)	ATM (IP/Ins)	Zwerchfell
C3/C4	F/E: 12–17 SN: 11/ Seite R: 10/S	C4	N. phrenicus (Plex. Brachialis)	Facetten C3–C5 „Schal“-Dermatom	ATM (IP/Ins)	Zwerchfell (Trapeziusreflex)
C4/C5	Wie C3/C4	C5	Plex. brachialis, N. radialis (C5-Th1), N. musculocut. (C5-7), N. axillaris (C5-6), (N. phrenicus)	Kein Rumpfermatom, Schulter (M. deltoideus)	ATM (IP/Ins)	Zwerchfell, M. deltoideus, M. biceps brachii (Bizepsreflex)
C5/C6	F/E: 17–21 SN: 8/Seite R: 10/S	C6	Plex. brachialis, N. radialis (C5-Th1), N. musculocut. (C5-7), N. axillaris (C5-6), N. medianus (C6-Th1)	Kein Rumpfermatom, radialer Unterarm bis Daumen	ATM (IP/Ins)	M. biceps brachii (Bizepsreflex), M. brachioradialis
C6/C7	F/E: 16. 21 SN: 7/Seite R: 9/S	C7	Plex. Brachialis N. radialis (C5-Th1) N. musculocut. (C5-7) N. medianus (C6-Th1)	Kein Rumpfermatom, Unterarm bis Dig. II–IV	ATM (IP/Ins)	M. triceps brachii Trizepsreflex M. pectoralis major M. pronator teres
C7/Th1	F/E: 9 SN: 4/Seite R: 8/S	C8	Plex. brachialis, N. radialis (C5-Th1), N. medianus (C6-Th1), N. ulnaris (C8, Th1)	Kein Rumpfermatom, Unterarm bis Dig. V	ATM (IP/Ins)	Kleinfingerballenmuskel, Trömner-Reflex
Th1/Th2	F/E: 4 SN: 5/Seite R: 9/S	Th1	Plex. brachialis, N. radialis (C5-Th1), N. medianus (C6-Th1), N. ulnaris (C8, Th1)	(Kein Rumpfermatom), ulnarseitig Unterarm und Ellbogen, symp. Grenzstrang (Horner-Syndrom)	ATM Interkostalmuskulatur	M. flexor carpi ulnaris, Hypothenar

R Rotation, F Flexion, E Extension, Ink Inklination, Rek Reklination, SN Seitneigung, pas. passiv, akt aktiv, ATM autochthone Muskulatur, IP Irritationspunkte, Ins Insertionspunkte, ROM „range of motion“, HN Hirnnerv (mod. aus [4–8])

Tab. 2 Symptome einer Dissektion der A. vertebralis (aus [1C])
Symptome:
Nackenkopfschmerz (50 %)
Kopfschmerz okzipital, meist auf der Seite der Dissektion (66 %) aber auch bilateral
Kopfschmerz pulsierend oder dauerhaft stechend
Langsame Steigerung der Intensität
Differenzierbar von vorbestehenden Kopfschmerzen (Migräne)
Häufig ohne Zeichen der muskulären Verhärtung oder Bewegungseinschränkung
Zerebrale Ischämien (80 %) häufig mit Wallenberg-Syndrom (ipsilaterales Horner-Syndrom, Gaumensegelparese, Hemiataxie, dissoziierte Empfindungsstörung)

das ventrolateral der Okziputkondylen und dem Foramen magnum gelegene Foramen jugulare ziehen die HN IX, X, XI. Der Canalis hypoglossus und in ihm sein namensgebender Hirnnerv XII „tunneln“ sogar die Okziputkondylen.

Komplex, aber auch besonders diagnostisch hilfreich, sind die neurophysiologischen Zusammenhänge im Bereich des Hirnstamms (Mittelhirn, Pons, Medulla oblongata), die unter dem Schlagwort der „zervikotrigeminalen Konvergenz“ zusammengefasst werden. Beteiligt an der Kon-

vergenz am Nucleus spinalis n. trigemini sind neben Afferenzen aus C1 bis C3, das Zerebellum, die Formatio reticularis, der Thalamus (Nucleus ventralis posteromedialis) sowie prothopathische (Schmerz, Temperatur, grober Druck) und propriozeptive Afferenzen aus den im Hirnstamm gelegenen Hirnnervenkerne V, VII, IX, X, XI, XII, eng verschaltet mit den HN-Kernen VIII und III. Der Nucleus spinalis n. trigemini übernimmt dabei die Funktion des WDR-Neuronenpools des kaudaleren Rückenmarks und wird als „medulläres Hinterhorn“ bezeichnet. Im schematischen Querschnitt des Rückenmarks auf Höhe C2 ([5]; **Abb. 2**) sind die engen Lagebeziehungen der einzelnen neuronalen Strukturen deutlich erkennbar.

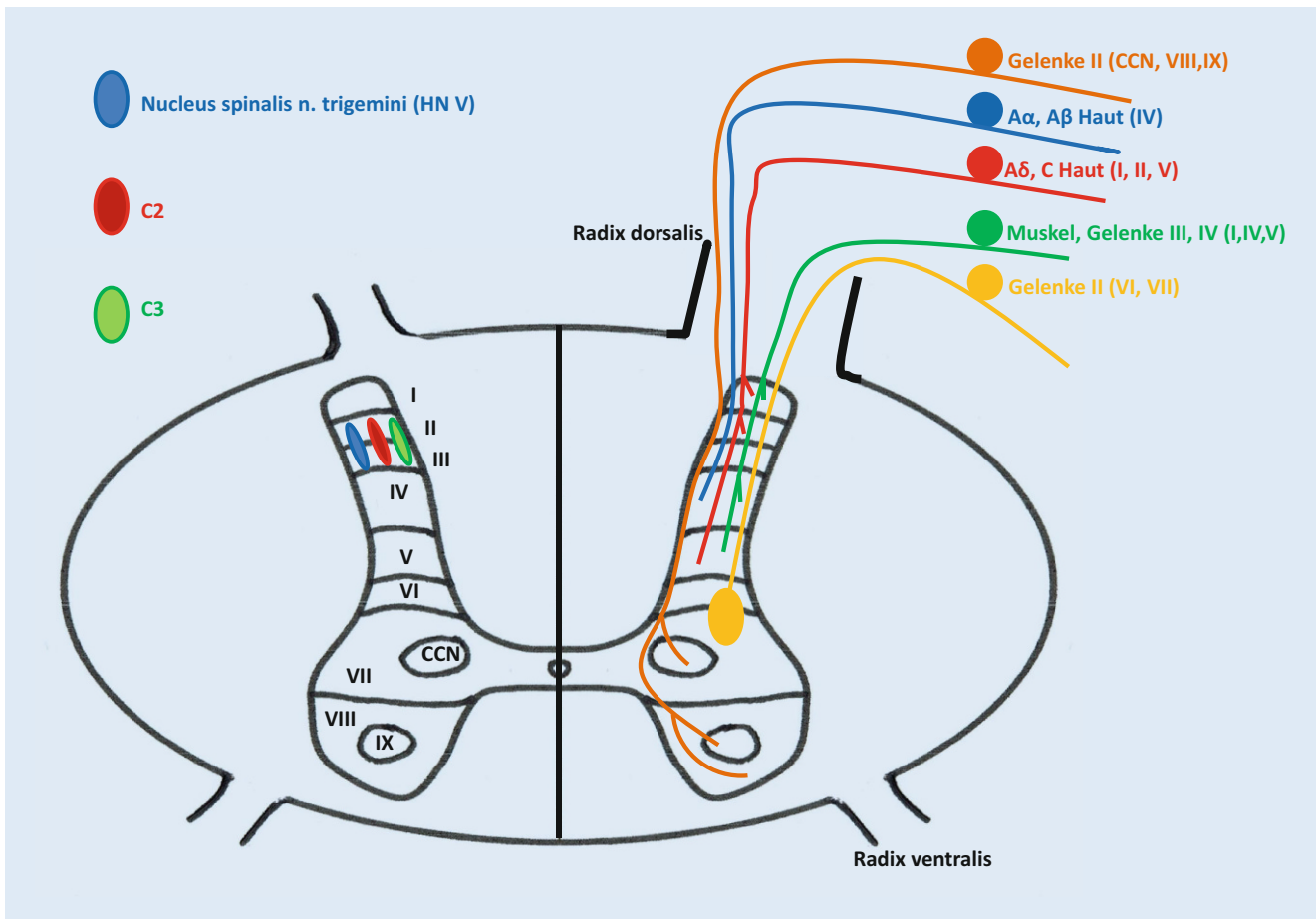


Abb. 2 ▲ Querschnitt durch das Rückenmark auf Höhe von C2. *Rechte Abbildungshälfte* Verteilung der Afferenzen aus verschiedenen Komponenten des Bewegungsapparates und der Haut. Axonkollateralen, die sich auf Segmentebene verzweigen, dienen als Interneurone über die die Konvergenz aus oberflächlichen (z. B. Haut) und tief-somatischen Afferenzen (z. B. Gelenken) erklärt wird. *Linke Abbildungshälfte* Angabe der Rexed Laminae I bis IX. In den Laminae II, III sind die Endigungsfelder der Afferenzen der Spinalnerven C2 und 3 eingetragen, die sich eng mit dem Nuc. spinalis n. trigemini (HN V) verzahnen. CCN Nucleus cervicalis centralis (aus [5, 11, 12])

Mit dem Wissen um die reichhaltigen Verschaltungen der vielen unterschiedlichen somatosensiblen, viserosensiblen und sensorischen Afferenzen, die an der zervikotrigeminalen Konvergenzreaktion beteiligt sein können, erklärt sich auch der bunte klinische Symptomkomplex, der bei einer Dysfunktion im Bereich der oberen HWS, die klinisch als „zervikozepales Syndrom“ bezeichnet wird, entstehen kann (▣ Abb. 3).

» Diagnostisch hilfreich sind die komplexen neurophysiologischen Zusammenhänge im Bereich des Hirnstamms

Die einzelnen Symptome, die in verschiedenster Ausprägung an dem Vollbild des zervikozepalen Syndroms beteiligt sein

können (▣ Tab. 3), werden der Übersicht halber systematisch anhand ihrer neurophysiologischen und anatomischen Bezüge dargestellt:

Visuelles System (HN II, III, IV, VI). Das optische System zählt neben dem propriozeptiven und vestibulären System zu den drei eng miteinander kommunizierenden gleichgewichtsregulierenden Systemen. Funktionsstörungen der Augenmuskeln können zu zeitweisem Auftreten von Doppelbildern oder Augenflimmern führen. Dies kann durch eine ständige und somit erschöpfende Fusionsmehrarbeit Konzentrationsstörungen und Kopfschmerzen verursachen. Die Augenmuskulatur ist vor allem mit der C1–C3 innervierten Halsmuskulatur funktionell eng verzahnt, was sich durch den Nick-Lese-Versuch nach Has-

enstein eindrücklich zeigen lässt [5]. Diese enge Verzahnung erklärt, warum nozizeptive Afferenzen aus einer dysfunktionalen Halsmuskulatur zu Sehstörungen und vice versa (Heterophorie) führen können [13]. Diese enge Verbindung kann auch die Wirkungsweise der Blickfazitierung im Rahmen einer manualmedizinischen Therapie erklären. Über den medialen Vestibulariskern besteht die Verknüpfung des visuellen mit dem Gleichgewichtssystem (siehe vestibulokokleäres System). Über den aufsteigenden Teil des Fasciculus longitudinalis medialis werden sowohl Afferenzen als auch Efferenzen zwischen allen vestibulären Kerngruppen und allen Kernen der Okulomotorik projiziert [5].

Sensomotorik (HN V, VII, IX, XI, XII). Propriozeptive Afferenzen des Kiefers, der

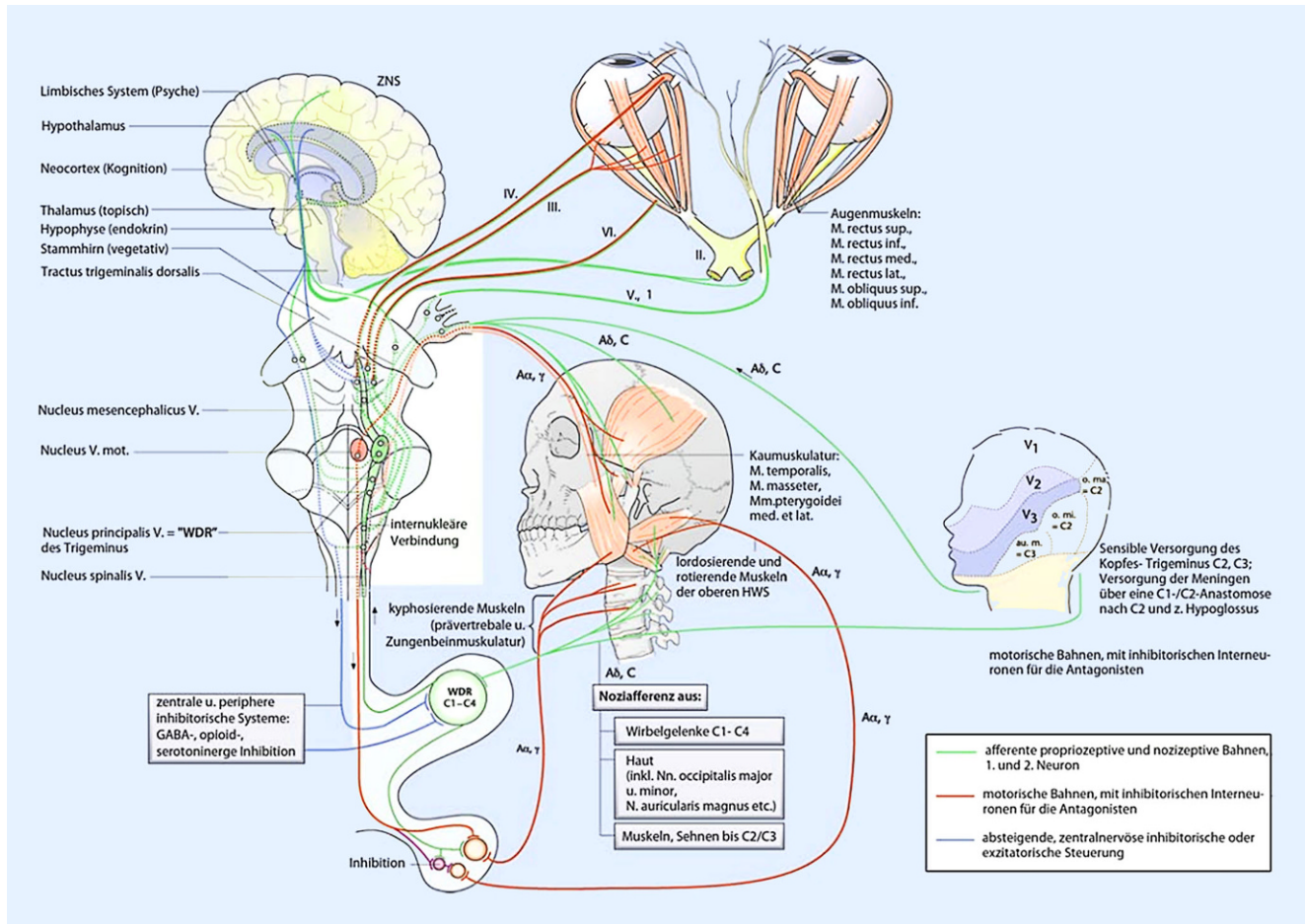


Abb. 3 ▲ Synopsis verschiedener beteiligter Systeme an der zervikotrigeminalen Konvergenzreaktion. Nicht eingezeichnet sind viszerale, vegetative, zerebelläre, peripher-sensorische bzw. peripher-motorische, cochleäre Strukturen (siehe Text) (aus [4]). (Mit freundl. Genehmigung W. von Heymann.)

Zähne und der meisten Kaumuskeln erreichen zunächst den mesenzephalen Trigeminskern. Protopathische Afferenzen (Schmerz, Temperatur, grober Druck) projizieren zum spinalen Trigeminskern (Nucleus spinalis n. trigemini), der somatotop in drei Zonen gegliedert. Bei Störungen in diesem zentralen Kernbereich kommt es zu ringförmigen Sensibilitätsstörungen (Sölder-Linien) im Vergleich zu den drei kraniokaudal gegliederten Befundregionen bei der peripheren Nervenläsion (HN V/1 – HN V/3). Im spinalen Trigeminskerngebiet konvergieren unter anderem auch dünnkalibrige Afferenzen der oberen HWS (C1–C3). Dies ist besonders wichtig für unsere manualmedizinische Betrachtung, da sich aus dieser Konvergenz die Interaktionen der HWS-Dysfunktion und der übertragenen Schmerzen im Versorgungsgebiet des N. trigeminus (HN V) verstehen lassen. Der N. facialis (HN VII)

verhält sich analog dem N. mandibularis (HN V/2). Er ist an der motorischen Versorgung des Mundbodens inklusive des M. digastricus venter posterior beteiligt. Der N. glossopharyngeus (HN IX) versorgt sensibel den Rachenraum, sensorisch den hinteren Zungenbereich und motorisch das Gaumensegel. Der N. accessorius (HN XI) innerviert den M. sternocleidomastoideus und M. trapezius pars descendens, über den myofasziale Verbindungen bis zur tiefen LWS bestehen. Der rein somatoafferente N. hypoglossus (HN XII), als Hauptnerv der Zungenmotorik auch „Radix anterior von C0“ genannt [8], verfügt über eine ganze Reihe „geliehener“ afferenter Nervenfasern, vorwiegend der Segmentnerven C2 und C3 [5], mit denen er über die Ansa cervicalis auch die untere Zungenbeinmuskulatur (Mundöffnung, HWS-Flexion) innerviert. Besonders die tiefsomatischen Afferenzen der Zunge

über die HN V3, IX und X, werden ohne Umweg über die Medulla oblongata direkt auf der Ebene der oberen zervikalen Segmente über die Hinterhorn-WDR-Neurone verschaltet. Damit besteht eine direkte, unmittelbare Verbindung der Zunge zu der motorischen Steuerung der HWS über die Axonkollaterale der zervikalen Segmente. Diese anatomische Nähe kann therapeutisch zur Zungenfazitiation bei manualmedizinischer Behandlung genutzt werden, bei der vor allem die Seitbewegung der Zunge in der Mundhöhle mit der Bewegung der HWS funktionell zusammenwirken kann. Auch kann neuroanatomisch nachvollzogen werden, warum Patienten bei Blockierungen der oberen HWS häufig ein Globusgefühl oder eine „Glossitis“ beklagen. Dermatome der HN V, VII, IX und X finden sich an der Ohrmuschel und im äußeren Gehörgang [8].

Tab. 3 Symptome des zervikozephalen Syndroms (ICDM53.0)
Symptome:
Kopfschmerzen (Zervikozephalgie)
Gesichts-, Schulter-, Nacken-, Rückenschmerzen
Gleichgewichtsstörungen (zervikozephaler „Schwindel“, besser Dizziness)
Unspezifische Augensymptome (Fokussierstörung, Schlierensehen)
Unspezifische Ohrsymptome (Ohrgeräusch, Tinnitus, Hall)
Globusgefühl, Dysphonie, Räusperzwang, „Schluckauf“
Vegetative Störungen (Schwitzen, Übelkeit, Palpitationen, Blutdruckschwankungen)
Stimmungsauffälligkeiten (z. B. Angst, Trauer, „Stress“)
Konzentrationsstörungen
Motorische, koordinative Störung (z. B. gestörtes Schriftbild, Kiefergelenksdysfunktion)

Vestibulokochleäres System (HN VIII).

Der N. vestibulocochlearis als Doppelnerv ist für die Sinnesqualitäten Gleichgewicht und Hören zuständig. Er besitzt zwei Kernkomplexe: vier Vestibulariskerne und zwei Kochleariskerne, mit vielfältigen Verschaltungen zu fast allen anderen Stammhirnkernen und dem Kleinhirn [14]. Die anterograd und retrograd nachgewiesenen anatomischen Projektionen von den Trigeminafasern und der vorwiegend tiefsomatischen C1/C2-Afferenzen zu beiden Kochleariskernen werden als mögliche Ursachen von Tinnitus und diversen anderen Hörstörungen bei gestörter zervikotrigeminaler Konvergenz auf Basis einer Dysfunktion der Segmente C0–C3 diskutiert [15].

Der Vestibulariskernkomplex wird ipsilateral direkt von spinalen Afferenzen erreicht, als auch indirekt kontralateral über Projektionen aus dem für zervikale Muskelaferenzen wichtigen Nucleus cervicalis

centralis. Vor allem sind es hier spinale Afferenzen von C0–C3, die eine Rolle spielen.

Die bei einer Blockierung der oberen HWS gestörte Wahrnehmung der Kopf-Körper-Stellung, vermittelt durch die intensiv mit Muskelspindeln ausgestatteten kurzen Nackenmuskeln („Nackensensoren“), kann nicht durch die Leistung der anderen beteiligten visuellen und vestibulären Systeme ausgeglichen werden. Über die direkte Konvergenz von vestibulären und gestörten spinalen Afferenzen, den Verschaltungen der Vestibulariskerne als zentrale Koordinationsstelle von Augen-, Kopf- und Körperstellung sowie den thalamischen und kortikalen Projektionen zum Bewusstwerden der Lage im Raum, kann es zu Bewegungsunsicherheiten bis hin zu Gleichgewichtsstörung (Dizziness) kommen [5, 16]. Typischerweise fehlt dieser „hochzervikalen“ Form der Gleichgewichtsstörung meist die Komponente Drehschwindel und Horizontalnystagmus [17]. Eine neuauftretende Gleich-

gewichtsstörung sollte aber aufgrund der manchmal schwer einzuordnenden Differenzialdiagnosen in jedem Fall neurologisch oder HNO-ärztlich abgeklärt werden.

Viszerovegetatives System (v. a. HN X).

Der N. vagus beinhaltet nicht nur parasympathische Efferenzen, sondern mit dem R. meningeus auch afferente Fasern aus der hinteren Schädelgrube („Kopfschmerz“) und über den R. auricularis auch Fasern aus seinem „Dermatom“, dem äußeren Gehörgang („Ohrenscherz“). Er führt sowohl sensible (Berührung/Temperatur) als auch geschmackssensorische Afferenzen aus der Zunge. Allgemeine Viszeroaferenzen vermitteln unter anderem Informationen aus Brust und Baueingeweiden (bis linke Kolonflexur), von Druckrezeptoren im Aortenbogen und Chemorezeptoren im Glomus aorticum [8]. Irritierende Konvergenzen auf seine autonomen Funktionen führen zu Übelkeit, Magen-Darm-Beschwerden, zu Störungen des Bronchialsystems und des Herzens. Dabei wird er heute nicht mehr als der Antagonist des sympathischen Grenzstrangs gesehen, sondern als Synergist in der komplexen Steuerung autonomer Funktionen. Seine Afferenzen haben einen großen Einfluss auf das limbische System sowie den Thalamus mit Projektionen zum Inselkortex, der u. a. für die emotionale Verarbeitung von Schmerzen zuständig ist [14].

Stomatognathes System (kranio-mandibuläres System). Die sehr enge Ver-

Hier steht eine Anzeige.

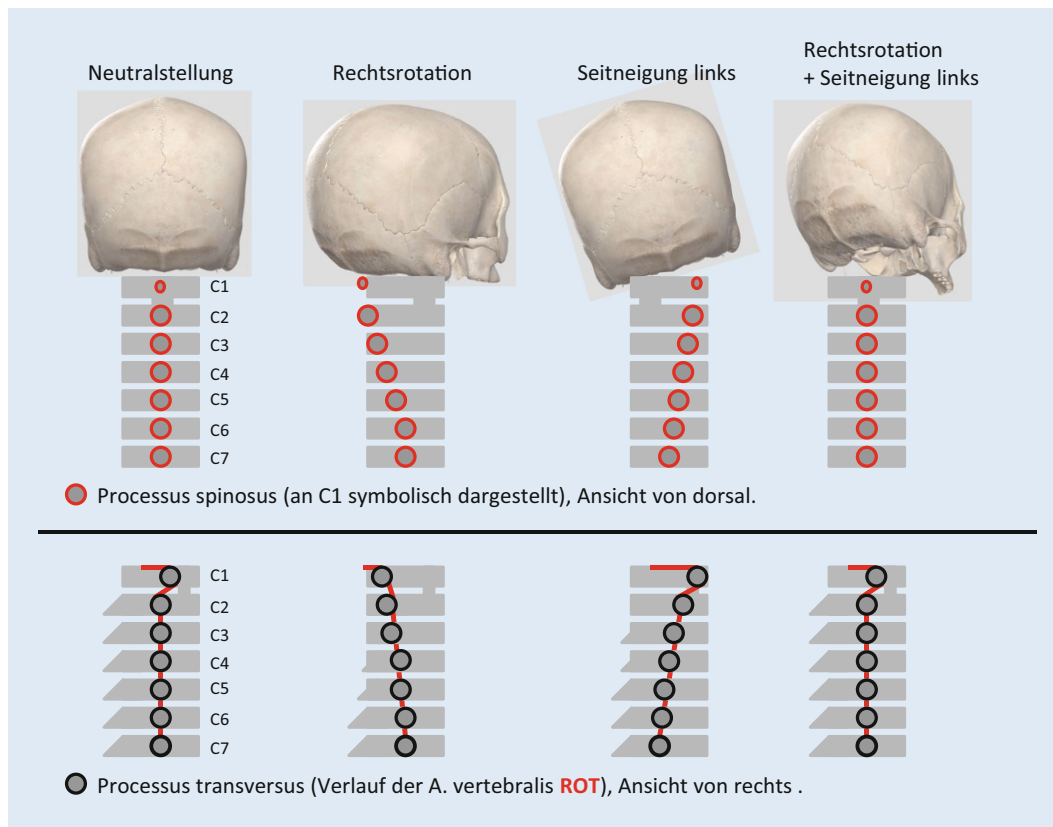


Abb. 4 ◀ Funktionelle Neutralstellung der Halswirbelsäule (HWS) zum Schutz der A. vertebralis durch Rotation und gegenläufige Seitneigung, im Bild Rechtsrotation und Seitneigung links (modifiziert nach [23]). (Mit freundl. Genehmigung, © F. Wagner, alle Rechte vorbehalten.)

netzung zwischen den spinalen Trigeminuskernen und den WDR-Neuronen der oberen drei Zervikalsegmente zeigt sich hier besonders stark ausgeprägt. Sämtliche propriozeptiven und nozizeptiven Afferenzen aus dem N. trigeminus, also die oberflächlichen wie die tiefsomatischen Afferenzen, bewirken eine direkte Konvergenzreaktion auf die entsprechenden zervikalen Efferenzen. Allerdings können umgekehrt auch die tiefsomatischen Afferenzen der Segmente C1–C3 den motorischen Trigeminuskern beeinflussen, der dann über den N. mandibularis die Kaumuskulatur ansteuert [4, 18]. Das Vorliegen einer kranio-mandibulären Dysfunktion kann die Schmerzverarbeitung im Sinne einer sekundären Hyperalgesie des gesamten Organismus ungünstig beeinflussen und sollte bei rezidivierenden, chronischen Schmerzsyndromen immer mit untersucht werden [19]. Eine adäquate Therapie mit beispielsweise einer Aufbisschienenversorgung kann Einfluss auf die Körperstatik im Sinne einer lotnahen axialen Körperpositionierung haben und den muskulären Tonus vor allem kaudaler Muskelfunktionsketten reduzieren [20].

Verkettungen nach kaudal. Am hochzervikalen Querschnitt des Rückenmarks finden sich verzahnte Endigungsfelder der Afferenzen vor allem der Spinalnerven C2, C3 und des N. trigeminus, aber auch von C1, N. glossopharyngeus und N. facialis [21, 22]. Zudem finden sich deren propriozeptive Afferenzen, die unter anderem direkt zum Nucleus cervicalis centralis (CCN) projizieren. Der CCN ist Ursprungskern spinozerebellärer Projektionen, die auch zur Extremitätenmuskulatur absteigen und der Vermittlung tonischer Halsreflexe dienen. Ebenso finden sich Projektionen zu Vestibulariskerngebieten, die für die Stützmotorik von zentraler Bedeutung sind. Über die propriozeptiven Afferenzen der Spinalnerven C2/C3 und deren Projektion auf den CCN, sowie propriozeptiver Neurone, die zum unteren Zervikal- und Lumbalmark projizieren, lassen sich Verkettungen bis in die Beckenregion erklären [17].

Das komplette Spektrum des zervikozephalen Syndroms (Tab. 3) kann aus der „zervikotrigeminalen Konvergenzreaktion“ im Hirnstamm und ihren weiteren Projektionen verstanden werden. Damit

wird auch nachvollziehbar, dass bei Vorliegen einer dem zervikozephalen Syndrom zugehörigen Dysfunktion der Segmente C0/C1 bis C3/4 durch entsprechende manualmedizinische Behandlung mittels segmentaler antinozizeptiver, propriozeptiver Aβ-Faser vermittelter Afferenzierung eine Beschwerdebesserung erreicht werden kann.

Die untere Halswirbelsäule und das zervikobrachiale Schmerzsyndrom

Vom 3. HWK mit dem Übergangsegment C3/C4 (C4) bis zu Th1 bzw. dem Segment C7/Th1 (C8) sprechen wir von der unteren HWS, die durch relativ vergleichbar aufgebaute Halswirbelkörper gebildet wird. Auch deren Bewegungsspektrum ist in allen drei Dimensionen ähnlich (Tab. 1). Es gilt für die HWS ab C2/3 eine gesetzmäßige Bewegungskoppelung (Fryett-Regel), die besagt, dass sich Rotation und Seitneigung der Halswirbelkörper gleichsinnig bewegen. Bei einer Seitneigung nach rechts rotieren die HWK ebenfalls nach rechts, besonders gut an der Abweichung der Dornfortsätze nach links palpabel. Die-

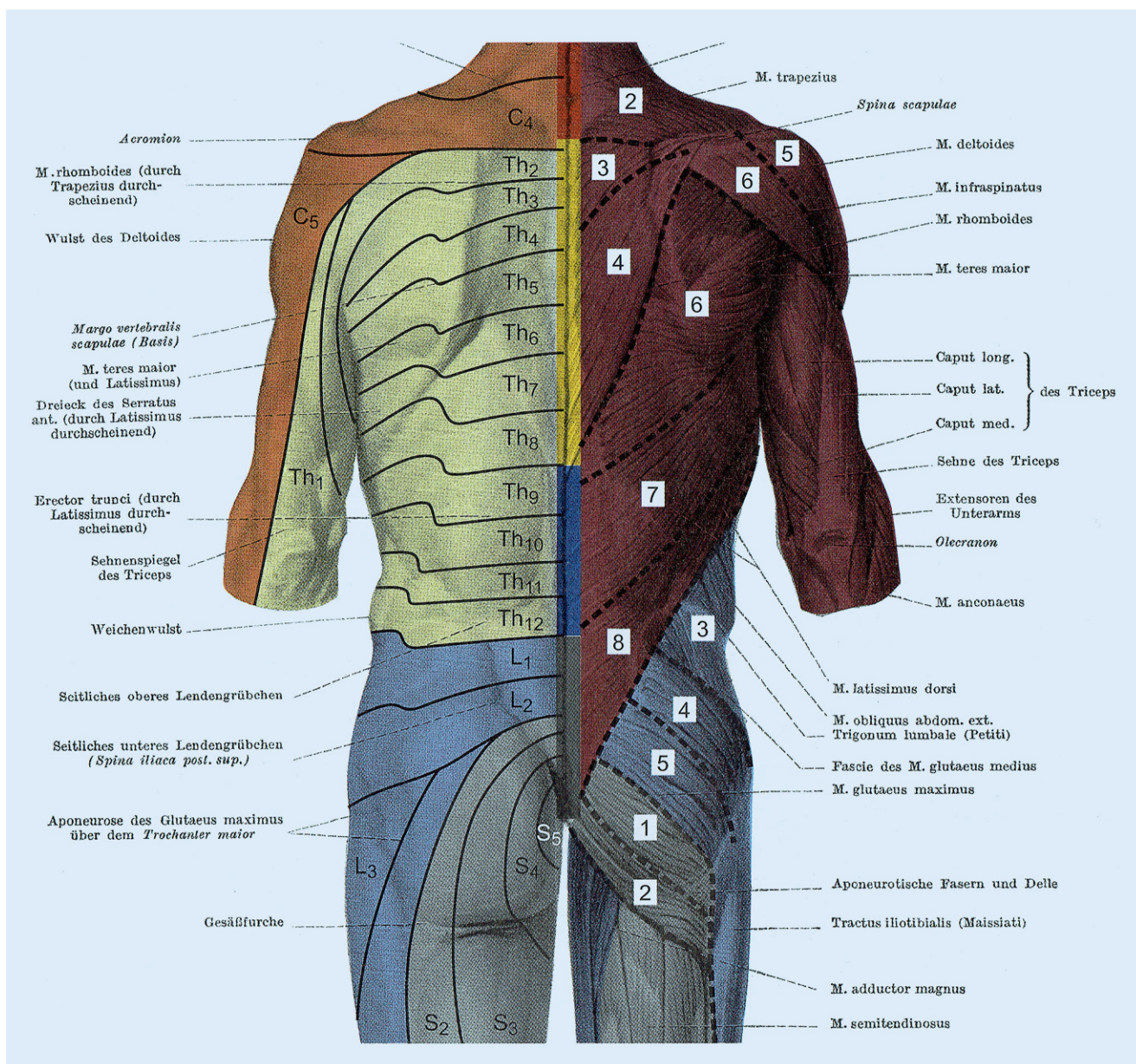


Abb. 5 ▲ Schematisierte Darstellung der Überlagerung von Dermatome und Myotome. *Rechte Körperhälfte* Myotome (die Nummern in den Kästchen entsprechen den Segmentnerven), *linke Körperhälfte* Dermatome. Der N. thoracodorsalis aus C6–C8 innerviert den M. latissimus dorsi mit den Ansätzen bis zu seiner Ursprungsaponeurose an der Fascia thoracolumbalis, im Bereich des Os sacrum, der Crista iliaca und der Lendenwirbelsäule. Hier überlagern sich oberflächlich die Dermatome von unterer Brustwirbelsäule, der Lendenwirbelsäule und des Sakralbereiches mit den Myotomen von C6–8, sowie den tiefer liegenden paravertebralen Anteilen der autochthonen Rückenmuskulatur (z. B. lumbaler M. multifidus). Diese anatomische Verbindung kann, neben den M. longissimus dorsi, ein weiterer Erklärungsansatz für die Genese einer Halswirbelsäulendysfunktion bei Funktionsstörungen im Beckenringbereich, z. B. einer Iliosakralgelenkblockierung, sein (aus [25]). (Mit freundl. Genehmigung, © I. Wancura-Kampik, alle Rechte vorbehalten.)

se Koppelung kann in der manuellen Medizin durch Rotation und kontralaterale Seitneigung (sogenannte 15°/15°-Regel) und der damit erreichten funktionellen Neutralstellung der HWS zum Schutz der A. vertebralis bei bestimmten manipulativen und auch mobilisierenden Techniken eingesetzt werden ([23]; ■ Abb. 4).

Neuroanatomisch betrachtet konvergieren im Bereich untere HWS die Afferenzen der Segmente C3/C4 (Übergangsegment) bis C7/Th1, die aus allen Gewebearten des Nacken-Schulter-Arm-Bereichs nozizeptiven Input vermitteln und damit Schmerz und Dysfunktion auslösen können. Wenn der Schmerzreiz

(nozizeptiver Reiz) entsprechend stark und lange persistiert, können Sensibilisierungsvorgänge ausgelöst werden, die aufgrund der multirezeptiven und segmentüberlagernden Konvergenzen am WDR (spinothalamisches Projektionsneuron) ein übertragenes Schmerzbild („referred pain“) entstehen lassen [5]. Es

werden auch zuvor unbeteiligte Regionen schmerzhaft (Ausweitung des rezeptiven Schmerzfeldes, „pseudoradikulärer Schmerz“), d.h. das klinische Schmerz-Dysfunktions-Bild überschreitet die segmentanatomischen Grenzen und ist im Gegensatz zum radikulären Schmerz nicht mehr einem Dermatome, Myotom oder Sklerotom zuzuordnen [24]. Die topografische Zuordnung über den Thalamus auf den sensorischen Kortex (Gyrus postcentralis) dehnt sich im betroffenen Bereich des sensorischen Homunculus aus. Eine primäre Epikondylopathie kann sich so z.B. zu einem Nacken-Schulter-Arm-Syndrom aufbauen.

Komplex ist die Verschaltung des Plexus brachialis (C5–Th1) mit der Ausbildung von Trunci und Fasciculi, den supra- und infra-klavikulären Abgängen und den verschiedenen proximalen und distalen anatomischen Engstellen und ihren verschiedenen klinischen Bildern. Den Segmentnerven C5–Th1 fehlen die ventralen Rumpfermatome, da diese bei normaler embryonaler Entwicklung in die oberen Extremitäten ausgelagert werden. Einen Dermatomsprung, wie z.B. von C4 zu Th1 an Brust und Rücken, nennt man Hiatuslinie [25]. Zusätzlich breiten sich die Myotome der unteren HWS weit nach distal aus. Die Segmentnerven C3–C5 versorgen unter anderem als N. phrenicus motorisch und sensibel das Zwerchfell. Die rechte Schulter als Head-Zone von Leber und Gallenblase, die beispielsweise bei einer akuten Cholezystitis schmerzhaft werden kann, erklärt sich über die faszialen Verbindungen des Organs zum Zwerchfell, dessen segmentale Innervation (C3–C5) und die Konvergenz mit segmentgleichen Hautafferenzen, in diesem Fall eben seitengleich aus dem Bereich der rechten Schulter. Ebenso können über Noziafferenzen auf Segmentebene motorische Veränderungen ausgelöst werden, die eine Blockierung der HWS im Bereich HWK 3–5 auslösen können [25]. Der N. thoracodorsalis aus C6–C8 innerviert den M. latissimus dorsi mit den Ansätzen bis zu seiner Ursprungsaponeurose an der Fascia thoracolumbalis, im Bereich des Os sacrum, der Crista iliaca und der LWS. Hier überlagern sich oberflächlich die Dermatome von unterer BWS, der LWS und des Sakralbereiches mit den Myotomen von C6–8,

sowie den tiefer liegenden paravertebralen Anteilen der autochthonen Rückenmuskulatur (z.B. lumbaler M. multifidus). Diese anatomische Verbindung kann, neben dem M. longissimus dorsi, ein weiterer Erklärungsansatz für die Genese einer HWS-Dysfunktion bei Funktionsstörungen im Beckenringbereich, z.B. einer Iliosakralgelenkblockierung, sein (Abb. 5).

Das autonome Nervensystem (ANS) im Bereich der oberen und unteren HWS zeigt mit der Trunkus- und variablen Ganglienbildung des Sympathikus keine direkte segmentale Ordnung. Die Neurone des Sympathikus liegen im Seitenhorn des unteren Zervikalmarks (C8) und ziehen von dort im zervikalen Grenzstrang kranialwärts zu den meist drei Halsganglien, die den Kopf- und Halsbereich vor allem über das Ganglion cervicale superius versorgen. Die peripheren sympathischen Fasern verlaufen kopfwärts mit den kranialen Arterien zu ihren Erfolgsorganen. Die eigentliche segmentale Ordnung des sympathischen Grenzstranges, sofern wir sie so nennen dürfen, stellt sich normalerweise ab C8 kaudalwärts ein (siehe Artikel zur segmentalen Dysfunktion der Brustwirbelsäule). Die parasympathischen Nervenfasern verlaufen mit den Hirnnerven HN III, VII, IX und X. Der Einfluss des ANS auf die Schmerzwahrnehmung und -verarbeitung ist aktuell noch nicht durchdrungen, allerdings lassen schon die bekannten Interaktionen des ANS mit dem neuroendokrinen und limbischen System segmentübergreifende Auswirkungen auch auf z.B. ein Blockierungsgeschehen der HWS erwarten [8, 11].

Zusammenfassung

Die Komplexität der neuroanatomischen Verschaltung erhellt, warum die Differenzierung, welchen Ursprung ein Schmerzgeschehen haben kann, nicht immer einfach und klar ist. Schmerzbilder durch Blockierungen auf Basis der Konvergenzreaktion am WDR (Schutzreflex), myofasziale Schmerzsyndrome durch muskuläre Triggerpunkte, periphere „neuralgische“ Nervenschmerzen oder radikuläre Schmerzen sind auch bei bester Untersuchung nicht immer klar voneinander zu unterscheiden oder gehen ineinander über. Umso wichtiger ist es, in dieser sensiblen Region ein

entsprechendes Verständnis für die neurophysiologischen Grundlagen der segmentalen und somatischen Dysfunktion der HWS zu besitzen. Dies kann im klinischen Alltag viele sonst schwer nachvollziehbare Symptome erklären und die Manuelle Medizin als therapeutische Optionen in den Fokus rücken.

Grundlegend gilt, dass jede potenziell bedrohliche Differenzialdiagnose vor jeglicher manualmedizinischer Behandlung ausgeschlossen sein muss. Dazu zählt vor allem der V.a. auf eine Dissektion der supraaortalen Gefäße, akute Entzündungen (z.B. Grisel-Syndrom), destruirende Prozesse (z.B. Tumoren) oder rheumatoide Arthritis (v.a. an C0/C1/C2). Die Kenntnisse der Kontraindikationen ist essenzieller Bestand jeder manualmedizinischen Ausbildung.

Ebenso gilt selbstverständlich, dass durch eine sorgfältige manualmedizinische Diagnostik eine klare Indikation zur manualmedizinischen Therapie bestehen muss. Richtungsweisend ist hier, neben der exakten Anamnese und dem orientierenden Ganzkörperstatus, die MIP-Diagnostik. Diese beinhaltet das Auffinden der segmentalen Hypomobilität, des Irritationspunktes als myofasziales Korrelat der Blockierung auf neurophysiologischer Basis des Schutzreflexes sowie die klare Feststellung der freien Richtung im Rahmen des Provokationstests. Sollte diese nicht gegeben sein, ist eine Manipulation obsolet. Besonders im Bereich der HWS sollte eine sorgfältige multidisziplinäre Abklärung erfolgen.

Fazit für die Praxis

- Das variable klinische Bild einer funktionellen Störung im Bereich der Halswirbelsäule (HWS) lässt sich durch die komplexen Verschaltungen im Rahmen der zervikotrigeminalen und intersegmentalen Konvergenzreaktion erklären.
- Eine segmentale und somatische Dysfunktion im Bereich der Halswirbelsäule kann Ursache und/oder Symptom eines zervikozephalen Syndroms (vor allem obere HWS) oder der Zervikobrachialgie (vor allem untere HWS) sein.
- Nach Ausschluss gefährlicher Differenzialdiagnosen und spezifischer Kontraindikationen kann eine manualmedizinische Therapie durch Setzen eines antinozizeptiven propriozeptiven Reizes zu einer Beschwerdelinderung beitragen.

- Die Indikation zu einer manualmedizinischen Therapie wird aus einem klaren diagnostischen Algorithmus abgeleitet, der immer eine segmentale Mobilitätsprüfung (M), eine Irritationspunktsuche (I) und dessen Provokation (P) beinhalten sollte.
- Für manualmedizinisch tätige Ärzte eröffnet sich mit diesen Kenntnissen ein erweitertes Spektrum möglicher Indikationen für eine manualmedizinische Therapie jenseits der klassischen strukturorientierten Behandlungsindikationen.

Korrespondenzadresse



Dr. Florian Max-Josef Wagner, MDO-DGCO
Starnberger Wiese 44, 82319 Starnberg,
Deutschland
fmjwagner@hotmail.com

Danksagung. Besonderen Dank an Dr. Hein Schnell für die kritisch-konstruktive Durchsicht des Manuskripts.

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. F.M.-J. Wagner gibt an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Für diesen Beitrag wurden von den Autoren keine Studien an Menschen oder Tieren durchgeführt. Für die aufgeführten Studien gelten die jeweils dort angegebenen ethischen Richtlinien.

Open Access. Dieser Artikel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden.

Die in diesem Artikel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Ma-

Somatic dysfunction of the cervical spine and its complex clinical picture. The fundamentals of diagnostics of cervicobrachialgia and cervicocephalic syndrome through manual medicine

Patients suffering from a segmental and somatic dysfunction of the cervical spine often present a wide variety of clinical symptoms related to cervicobrachial or cervicocephalic syndrome. These symptoms might evolve out of complex neural intersegmental or trigeminocervical interactions in the brain stem or the spinal cord of the cervical spine. After the exclusion of life-threatening preconditions, a careful physical examination with aspects of manual medicine aspects might unmask the cervical dysfunction as the primary cause of the symptoms. Treatment with manual medicine on the basis of a segmental antinociceptive proprioceptive input might then be an appropriate therapeutic approach.

Keywords

Trigeminocervical interactions · WDR · Proprioceptive input · Manual medicine · AAO-complex

terials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen.

Weitere Details zur Lizenz entnehmen Sie bitte der Lizenzinformation auf <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>.

Literatur

1. Wiest G (2016) Der sogenannte zervikogene Schwindel aus neurologischer Sicht. *J Neurol Neurochir Psychiatr* 17(1):7–12
2. Locher H et al (2011) Manuelle Medizin und translationale Forschung. *Man Med* 49:471–472
3. Locher H (2021) Manuelle Medizin, manuelle Therapie. *Unfallchirurg* 124:433–445
4. Böhni UW, Lauper M, Locher H (2015) Fehlfunktionen und Schmerz am Bewegungsorgan verstehen und behandeln, 2. Aufl. *Manuelle Medizin 1.. Thieme, Stuttgart*
5. Hülse M, Neuhuber W, Wolff HD (Hrsg) (2005) Die obere Halswirbelsäule. Springer, Berlin
6. Bogduk N, Mercer S (2000) Biomechanics of the cervical spine. I: Normal kinematics. *Clin Biomech* 15:633–648
7. Böhni UW (2014) Diagnose der Dysfunktion und Therapie der Kopfgelenkregion. *Man Med* 52:251–268. <https://doi.org/10.1007/s00337-014-1108-2>
8. Schünke M et al (2006) Prometheus, Kopf und Neuroanatomie, 1. Aufl. Thieme, Stuttgart
9. S1-Leitlinie Spontane Dissektionen der extrakraniellen und intrakraniellen hirnversorgenden Arterien www.dgn.org/leitlinien/030/005 Spontane Dissektionen der extrakraniellen und intrakraniellen hirnversorgenden Arterien – Deutsche Gesellschaft für Neurologie e. V. (dgn.org)
10. Biedermann B et al (2007) Dissektionen der Arteria carotis interna und vertebralis: Ursachen, Symptome, Diagnostik und Therapie. *J Neurol Neurochir Psychiatr* 8(2):7–18
11. Von Heymann W et al (2011) Neuroanatomie Teil 1. *Man Med* 49:473–480
12. Von Heymann W et al (2012) Neuroanatomie Teil 2. *Man Med* 50:6–15
13. Von Heymann W (2015) Zur Neurophysiologie der oberen HWS. *Man Med* 53:114–120. <https://doi.org/10.1007/s00337-015-1201-1>
14. Trepel M (2015) Neuroanatomie – Struktur und Funktion, 6. Aufl. Elsevier, München, S247
15. Von Heymann W, Köneke C (2009) Tinnitus bei „Hirnstamm-Irritations-Syndrom“. *Man Med* 47:239–246
16. Hauswirth J (2008) Zervikogener Schwindel: Diagnose und manualtherapeutische Behandlung. *Man Ther* 12:80–93
17. Von Heymann W (2015) Kopfschmerz, Schwindel, Tinnitus und Halswirbelsäule. *Man Med* 53:361–373
18. Schupp W, Boisserée W (2016) Neuroanatomische Grundlagen des kranioamandulären Systems, Die Basalganglien. *Man Med* 54:205–211
19. Von Piekartz H et al (2014) Einfluss der CMD auf die mechanische Schmerzschwelle außerhalb der Kopf-Gesichtsregion. *Man Med* 52:420–426
20. Ohlendorf D, Kopp S (2014) Funktionelle Interdependenzen zwischen Kieferlage und motorischer Kontrolle von Haltung und Bewegung – Absteigende Funktionsketten. *Man Med* 52:509–520
21. Von Lanz T, Wachsmuth W (2019) Praktische Anatomie Kopf Teil A übergeordnete Systeme. Springer, Berlin, S457 (Sonderausgabe)
22. Moser U (2016) Tonustest der tiefen subokzipitalen Muskeln. Neue Perspektiven für die osteopathische Behandlung somatischer Dysfunktionen im kraniozervikalen Bereich? *Man Med* 54:109–114
23. Böhni UW, Lauper M, Locher H (2020) Diagnostische und therapeutische Techniken praktisch anwenden, 2. Aufl. *Manuelle Medizin 2. Thieme, Stuttgart*, S113
24. Böhni U, Gautschi R (2014) Schmerz aus Muskeln und anderen tiefen somatischen Geweben. *Man Med* 52:190–202
25. Wancura-Kampik I (2017) Segment-Akupunktur, 1. Aufl. Urban & Fischer Elsevier, München